

Studi Pengaruh Tangga pada Pemodelan Struktur Bangunan Beraturan Akibat Beban Gempa dengan Menggunakan Software Etabs

Study of the Effect of Stairs on Modeling Regular Building Structures Due to Earthquake Loads Using Etabs Software

Jendrianus Hendro Takesan¹, Partogi H. Simatupang², Wilhelmus Bunganaen^{3*)}

¹Progran Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

²International Graduate School for Water and Development, XYZ University, Delft, 3456, The Netherlands

³Department of the Environment and Energy, ABC University, Tokyo, 1234, Japan

Article info:

Kata kunci:

Tangga, Base Shear, Gaya Dalam, Displacement

Keywords:

Stairs, Base Shear, Inner Force, Displacement

Article history

Received: 04-08-2021

Accepted: 10-08-2021

^{*)}Koresponden email:

takesanhendrooo@gmail.com

partogihsimatupang@gmail.com

Abstrak

Dalam mendesain dan menganalisis struktur gedung menggunakan software, seringkali tangga itu ditiadakan, sehingga kurang diketahui bagaimana perbedaan dan dampak dari masing-masing respon struktur. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan dampak dan perbedaan dari struktur gedung yang didesain menggunakan software. Metode yang digunakan adalah analisis respon spektrum berdasarkan SNI 2019. Struktur gedung didesain menjadi 3 jenis, yaitu struktur gedung tanpa tangga, struktur gedung tanpa tangga dengan void, dan struktur gedung dengan tangga. Dalam penelitian ini analisis strukturnya menggunakan Software Etabs 2016. Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan dari 3 jenis struktur yang telah dianalisis, yaitu pada gaya geser dasarnya. Model 3 memiliki nilai yang lebih besar dari model 1 dan model 2 (Model 3: 2521,7 kN > Model 1: 1713,5 kN > Model 2: 1661,04 kN). Kemudian untuk gaya dalamnya juga menunjukan perbedaan yang cukup besar, hal ini akan berpengaruh pada jumlah tulangan-tulangannya. Dan yang terakhir untuk nilai perpindahan, pada gedung tanpa tangga menunjukan nilai perpindahan yang lebih besar daripada gedung dengan tangga, hal ini disebabkan oleh tangga yang mengakibatkan nilai kekakuan menjadi lebih besar dari nilai perpindahannya. Perbedaan juga ada pada gedung pertama yang memiliki nilai perpindahan yang lebih besar dari gedung kedua, hal ini disebabkan karena terdapat bukaan void pada gedung kedua.

Abstract

In designing and analyzing building structures using software, stairs are often omitted, so it is not known how the differences and the impact of each structure response are. Therefore, this study aims to obtain the impact and differences of building structures designed using software. The method used is spectrum response analysis based on SNI 2019. The building structure is designed into 3 types, namely the building structure without stairs, the building structure without stairs with voids, and the building structure with stairs. In this study, the structural analysis used Etabs 2016 Software. Based on the results of the study, it can be seen that there are differences from the 3 types of structures that have been analyzed, namely in the basic shear force. Structure 3 has a greater value than structure 1 and structure 2 (structure 3: 2521.7 kN > structure 1: 1713.5 kN > structure 2: 1661.04 kN). Then for the internal force also shows a large enough difference, this will affect the number of reinforcements. And lastly for the displacement value, the building without stairs shows a larger displacement value than the building with stairs, this is due to the stairs causing the stiffness value to be greater than the displacement value. The difference also exists in the first building which has a higher displacement value than the second building, this is because there are void openings in the second building.

Kutipan: Jendrianus, Partogi, Wilhelmus: *Studi Pengaruh Tangga pada Pemodelan Struktur Bangunan Beraturan Akibat Beban Gempa dengan Menggunakan Software Etabs*

1. Pendahuluan

Semakin tinggi suatu bangunan maka resiko kerusakan akibat gempa akan semakin besar, ini berlaku untuk struktur bangunan beraturan dan tidak beraturan. Pada zaman yang semakin canggih ini, para perencana banyak dibantu dengan berbagai software-software yang dapat menganalisis struktur, baik itu struktur beraturan maupun tak beraturan, struktur bangunan yang didesain menggunakan software dianalisis dengan meninjau bebna mati, beban hidup dan juga bebna gempa berdasarkan ketentuan pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726-2019) dan pengaruh gempa rencana pada bangunan gedung beraturan dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statis.

Dalam menganalisis struktur gedung menggunakan software seringkali tangga ditiadakan dalam proses perhitungan dan proses desain, hal ini menyebabkan kita kurang mengetahui bagaimana perbedaan dan dampak jika ada tangga atau tidak, dari masing-masing gaya geser dasar (Base Shear), drift lateral, gaya dalam dan jumlah tulangan yang digunakan untuk menahan goncangan akibat beban gempa.

2. Bahan dan Metode

2.1 Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah shop drawing, shop drawing adalah gambar teknik lapangan yang digunakan sebagai acuan pelaksanaan penelitian ini. Deskripsi gedung yang akan dipakai yaitu jenis stuktur, fungsi gedung, luas total gedung, tinggi gedung, jumlah lantai gedung.

3.1.1 Data Sekunder

1. Data Material

Untuk mutu beton (f_c'), mutu baja tulangan longitudinal (f_y') dan tulangan sengkang (f_{ys}) yang dipakai adalah sebagai berikut:

a. Mutu Beton (f_c')

K-300 = 300 kg/cm², karena 1 Mpa = 10 kg/cm², maka mutu beton tersebut adalah:

$$300 \text{ kg kg/cm}^2 = 30 \text{ Mpa.}$$

b. Mutu Baja Tulangan Longitudinal (f_y')

$$F_y' = 400 \text{ Mpa.}$$

c. Mutu Baja Tulangan Sengkang (f_{ys})

$$f_{ys} = 240 \text{ Mpa.}$$

2. Data Denah

Berikut disajikan tabel deskripsi gedung yang ditinjau:

Tabel 1. Deskripsi Struktur Gedung

No	Deskripsi gedung	Keterangan
1	Jenis struktur	Beton Bertulang
2	Fungsi gedung	Inspektorat/Perkantoran
3	Luas total gedung	24 m x 18 m
4	Tinggi gedung	5 m/lantai
5	Jumlah lantai gedung	4

2.2 Analisis Struktur

Berdasarkan data tersebut akan dilakukan analisis struktur sebagai berikut:

1. Pemodelan struktur open frame secara 3D pada software Etabs.
2. Menentukan dan menghitung jenis beban yang bekerja pada struktur.
3. Menghitung dan menentukan kurva respon spektrum.
4. Memasukan dan menganalisis kurva respon spektrum tiga model struktur pada software etabs.

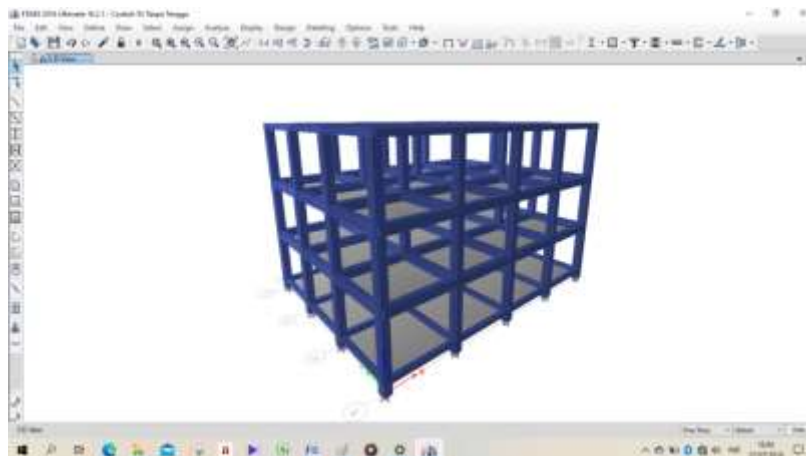
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pemodelan Struktur

Struktur gedung akan dimodelkan menggunakan Software Etabs menjadi 3 model gedung.

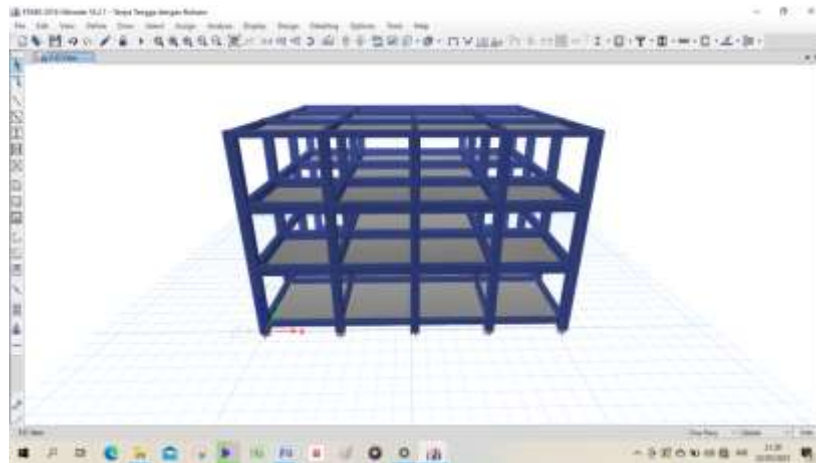
3.1.1 Gedung tanpa tangga

Hasil pemodelan gedung pertama dapat dilihat pada Gambar 1.

**Gambar 1.** Model Gedung tanpa Tangga

3.1.2 Gedung tanpa tangga dengan bukaan void

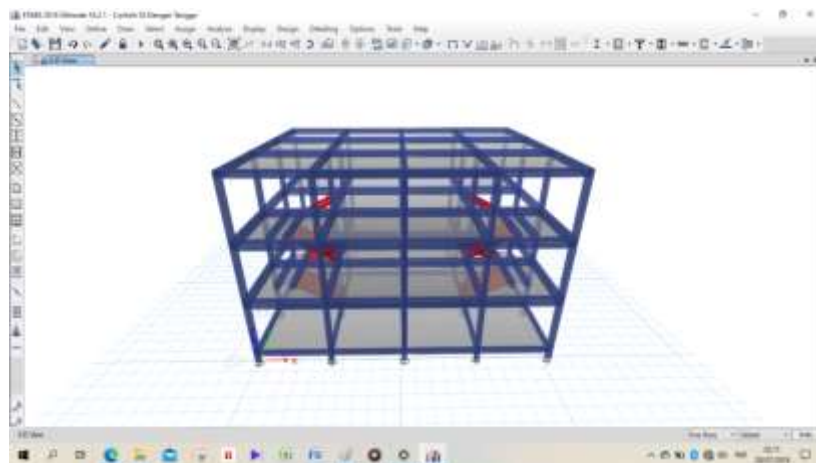
Hasil pemodelan gedung kedua dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Model Gedung tanpa Tangga dengan Bukaan Void

3.1.3 Gedung dengan tangga

Hasil pemodelan gedung ketiga dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Model Gedung dengan Tangga

3.2 Beban Mati dan Beban Hidup

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, pada tabel 3.1 point c menjelaskan bahwa beban hidup pada lantai gedung sekolah, ruang kuliah, kantor, dll adalah 250 kg/m^2 , kemudian untuk tangga terdapat pada point h Tabel 3.1, yaitu sebesar 300 kg/m^2 , sedangkan beban hidup untuk atap gedung digunakan 100 kg/m^2 , diperoleh dari pasal 3.2 PPIUG point 1. Untuk beban mati diambil dari berat sendiri struktur.

3.3 Menentukan Kurva Respon Spektrum

3.3.1 Menentukan Kelas Situs

Berdasarkan kondisi tanah di Kota Kupang, maka mahasiswa bersama dosen pembimbing menyepakati untuk mengambil kelas situs untuk Kota Kupang, yaitu Tanah Keras (SC). Kelas situs SC ini diperoleh dari Tabel 5 Klasifikasi Situs pada SNI 1726-2019.

3.3.2 Menentukan Koefisien Situs

Dalam menentukan koefisien situs, maka yang dibutuhkan adalah kelas situs, nilai S_S dan nilai S_I . Nilai S_S dan nilai S_I diperoleh dari website PUSKIM, hasilnya sebagai berikut:

$$S_S = 1,0039 \quad (1)$$

$$S_I = 0,3820 \quad (2)$$

Sehingga berdasarkan kelas situs SC, nilai S_S dan nilai S_I di atas, maka diperoleh nilai F_a sebesar 1,2 dan nilai F_v sebesar 1,5. Nilai F_a dan F_v diperoleh dari Tabel 6 Koefisien Situs F_a dan Tabel 7 Koefisien Situs F_v dari SNI 1726-2019.

3.3.3 Menghitung Nilai S_{MS} dan S_{M1}

Setelah diperoleh nilai F_a dan F_v di atas, selanjutnya dua nilai tersebut digunakan untuk menghitung parameter respon spektrum persepatan pada periode pendek 0,2 detik (S_{MS}) dan pada periode 1 detik (S_{M1}), yang ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \times S_S \text{ (Sumber SNI 1726-2019)} \quad (3) \\ &= 1,2 \times 1,0039 \\ &= 1,2047 \text{ m/dtk}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v \times S_I \text{ (Sumber SNI 1726-2019)} \quad (4) \\ &= 1,5 \times 0,3820 \\ &= 0,5730 \text{ m/dtk}^2 \end{aligned}$$

3.3.4 Menghitung Nilai S_{DS} dan S_{D1}

Perhitungan ini bertujuan untuk memperoleh nilai parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek 0,2 detik (S_{DS}) dan untuk periode 1 detik (S_{D1}), sehingga perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \text{ (Sumber SNI 1726-2019)} \quad (5) \\ &= \frac{2}{3} \times 1,2047 \\ &= 0,80 \text{ m/dtk}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} \text{ (Sumber SNI 1726-2019)} \quad (6) \\ &= \frac{2}{3} \times 0,5730 \\ &= 0,38 \text{ m/dtk}^2 \end{aligned}$$

3.3.5 Rekapitan

Dari semua nilai yang telah ditentukan di atas, maka dilakukan rekapitan nilai-nilai dari parameter-parameter di atas, rekapannya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekap Parameter-Parameter Respon Spektrum Desain

No	Parameter-Parameter	Nilai
1	S_s	1,0039
2	S_1	0,382
3	F_a	1,2
4	F_v	1,5
5	S_{MS}	1,2047
6	S_{M1}	0,5730
7	S_{DS}	0,80
8	S_{D1}	0,38

Berdasarkan rekap parameter-parameter di atas, maka dapat ditentukan nilai T_0 , T_s dan juga Periode Panjang Peta Transisi (T_L). Perhitungannya adalah sebagai berikut:

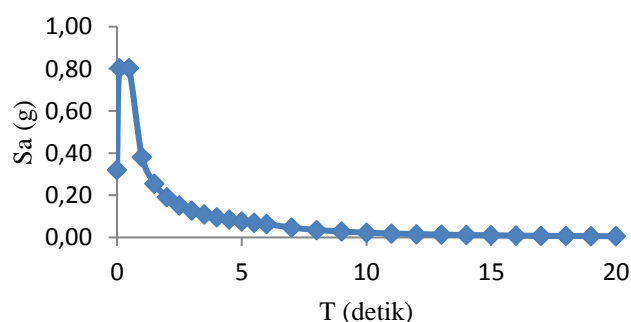
$$\begin{aligned}
 T_0 &= 0,2 \times \frac{SD_1}{SDS} \quad (\text{Sumber SNI 1726-2019}) \quad (7) \\
 &= 0,2 \times \frac{0,38}{0,80} \\
 &= 0,0951 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= \frac{SD_1}{SDS} \quad (\text{Sumber SNI 1726-2019}) \quad (8) \\
 &= \frac{0,38}{0,80} \\
 &= 0,4756 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$T_L = 6$ detik, T_L diperoleh dari peta 20, SNI 1726-2019, Hal.238, untuk wilayah NTT terkhususnya Kota Kupang.

3.3.6 Grafik Rekap Respon Spektrum

Nilai-nilai hasil perhitungan di atas direkap menjadi grafik rekap hubungan antara Periode (T) dan Respon Spektrum Percepatan (S_a). Grafik rekap dapat dilihat pada Gambar 4.

**Gambar 4.** Grafik Hubungan Periode (T) dan Respons Spektra Percepatan (S_a)

3.4 Membandingkan Gaya Geser Dasar (Base Shear), Gaya Dalam Momen dan Perpindahan (Displacement) pada Ketiga Jenis Struktur Gedung.

Setelah ketiga jenis struktur dimodelkan, kemudian ditentukannya beban-beban yang membebani struktur-struktur tersebut, ketiga struktur tersebut kemudian akan dianalisis menggunakan Software Etabs. Dari hasil analisis dilakukan perbandingan antara gaya geser dasar, gaya dalam momen dan simpangannya untuk diambil kesimpulan.

3.4.1 Gaya Geser Dasar (Base Shear)

1. Gaya geser dasar pada gedung tanpa tangga

Base shear diperoleh dari hasil analisis menggunakan Etabs 2016. Nilai base shear diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Gaya Geser Dasar (Base Shear) Gedung tanpa Tangga

No	Beban (Load)	Arah memanjang (x)	Arah melintang (y)
		kN	kN
1	Selimut Max	1713,4874	1656,186
2	Selimut Min	-1713,4874	-1656,186

Tabel 3 menunjukkan nilai gaya geser dasar arah memanjang (x) dan arah melintang (y) pada struktur gedung tanpa tangga, dengan nilai hasil analisisnya adalah arah memanjang sebesar 1713,4874 kN dan arah melintang sebesar 1656,186 kN.

2. Gaya geser dasar pada gedung tanpa tangga dengan bukaan void

Hasil analisis Base Shear gedung ini juga diperoleh dari software Etabs. Nilai Base Shear diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Gaya Geser Dasar Gedung tanpa Tangga dengan Bukaan Void

No	Beban (Load)	Arah memanjang (x)	Arah melintang (y)
		kN	kN
1	Selimut Max	1661,0388	1607,6522
2	Selimut Min	-1661,0388	-1607,6522

Tabel 4 menunjukkan nilai gaya geser dasar arah memanjang (x) dan arah melintang (y) pada struktur gedung tanpa tangga dengan bukaan void, dengan nilai hasil analisisnya adalah arah memanjang sebesar 1661,0388 kN dan arah melintang sebesar 1607,6522 kN.

3. Gaya geser dasar pada gedung tanpa tangga dengan bukaan void

Nilai Base Shear diperlihatkan pada Tabel 5.

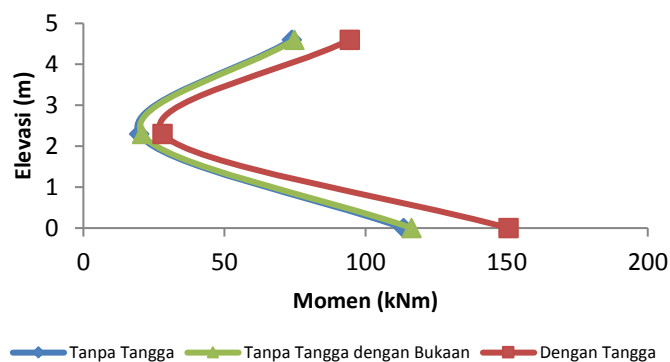
Tabel 5. Hasil Gaya Geser Dasar Gedung dengan Tangga

No	Beban (Load)	Arah memanjang (x)	Arah melintang (y)
		kN	kN
1	Selimut Max	2521,6983	2521,6983
2	Selimut Min	-2521,6983	-2521,6983

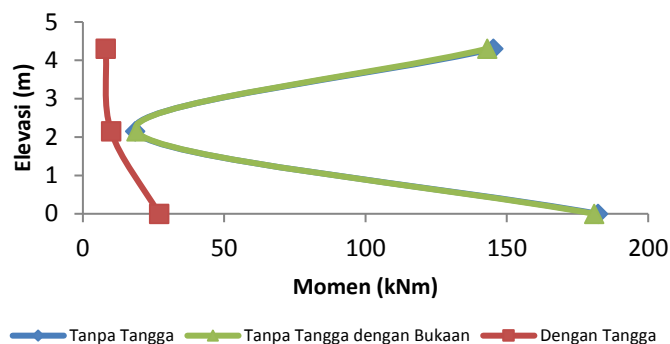
Tabel 5 menunjukkan nilai gaya geser dasar arah memanjang (x) dan arah melintang (y) pada struktur gedung dengan tangga, dengan nilai hasil analisisnya adalah arah memanjang sebesar 2521,6983 kN dan arah melintang sebesar 2521,6983 kN.

3.4.2 Gaya Dalam Momen pada Struktur Kolom (M_{KOLOM})

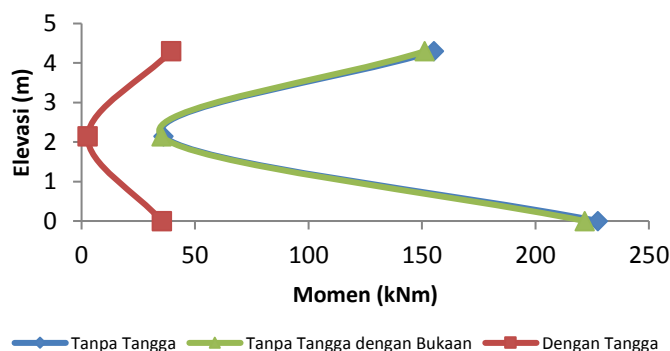
Kolom yang akan ditinjau adalah kolom yang terdapat pada pertemuan portal 2 (Mamanjang) atau kolom yang memiliki C10 pada struktur tersebut. Berdasarkan hasil analisis dari ketiga jenis tabel, maka bisa diperoleh grafik hubungan momen dan elevasi untuk masing-masing kolom per lantai gedung. Grafiknya ditampilkan pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8.



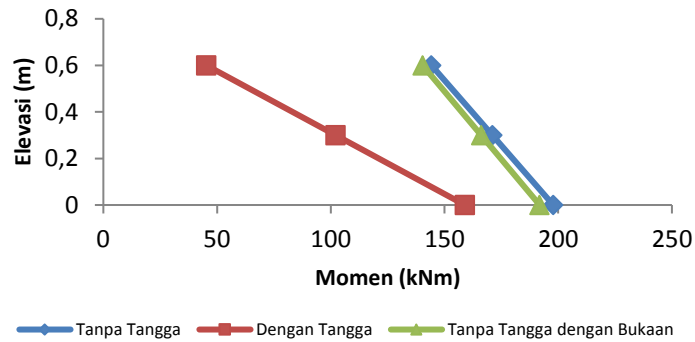
Gambar 5. Grafik Hubungan Momen (M) dan Elevasi (h) untuk Kolom Lantai 3



Gambar 6. Grafik Hubungan Momen (M) dan Elevasi (h) untuk Kolom Lantai 2



Gambar 7. Grafik Hubungan Momen (M) dan Elevasi (h) untuk Kolom Lantai 1



Gambar 8. Grafik Hubungan Momen (M) dan Elevasi (h) untuk Kolom Lantai Dasar

Dari grafik-grafik di atas dapat diperoleh hasil bahwa terdapat perbedaan gaya dalam momen pada ketiga jenis struktur yang cukup besar, hal ini berpengaruh pada penempatan jumlah tulangan pada kolom, jika acuan penempatan jumlah tulangan yang didesain menggunakan struktur tanpa tangga sedangkan pada saat di lapangan tangga sangat berpengaruh pada struktur, maka penempatan tulangan tersebut menjadi salah dan dapat mengalami kegagalan struktur

3.4.3 Simpangan (*Displacement*) antar Lantai Struktur

1. Simpangan (*Displacement*) antar lantai struktur gedung tanpa tangga

Simpangan antar lantai diperoleh dari hasil analisis menggunakan Etabs 2016. Nilai-nilainya dapat ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Nilai Simpangan Gedung tanpa Tangga

No	Story	Diap.	Load Case/Combo	UX (mm)	UY (mm)	RZ (rad)	Point	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	Story4	D4	Selimut Max	18,191	18,752	0,00019	110	12,0485	9	16
2	Story3	D3	Selimut Max	13,337	13,833	0,00014	112	12,0361	9	11
3	Story2	D2	Selimut Max	7,186	7,602	0,000077	114	12,0361	9	6
4	Story1	D1	Selimut Max	0,35	0,419	0,000004	129	12,0474	9,0439	1

2. Simpangan (*Displacement*) antar lantai struktur gedung tanpa tangga dengan bukaan void

Simpangan antar lantai diperoleh dari hasil analisis menggunakan Etabs 2016. Nilai-nilainya dapat ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Nilai Simpangan Gedung tanpa Tangga dengan Bukaannya Void

No	Story	Diap.	Load Case/Combo	UX (mm)	UY (mm)	RZ (rad)	Point	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	Story4	D4	Selimut Max	17,972	18,507	0,000186	110	12,0485	9	16
2	Story3	D3	Selimut Max	13,062	13,531	0,000135	112	12	9	11
3	Story2	D2	Selimut Max	6,996	7,397	0,000074	114	12	9	6
4	Story1	D1	Selimut Max	0,339	0,407	0,000004	129	12,0474	9,0439	1

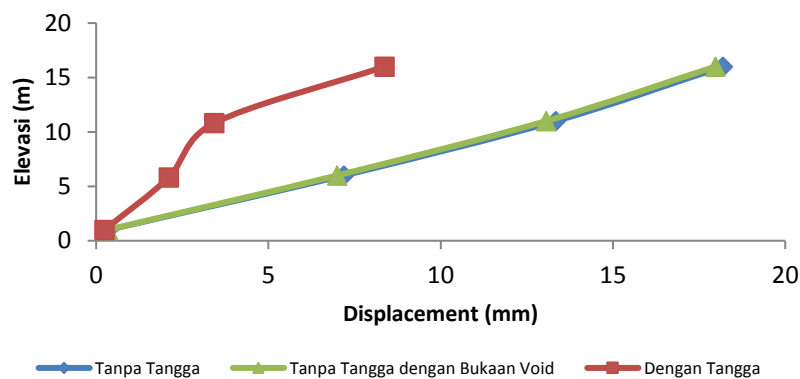
3. Simpangan (*Displacement*) antar lantai struktur gedung dengan tangga

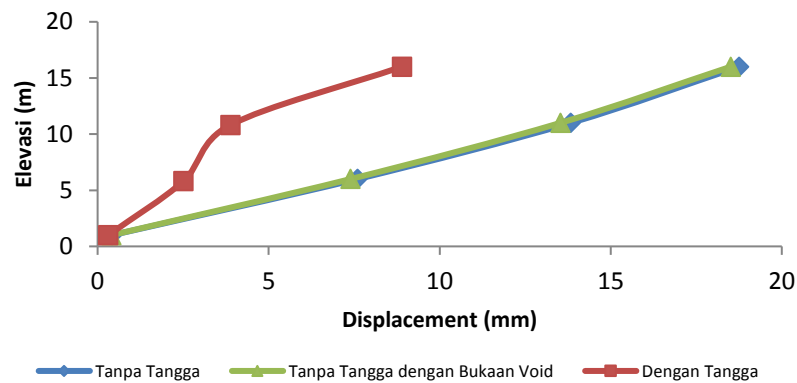
Simpangan antar lantai diperoleh dari hasil analisis menggunakan Etabs 2016. Nilai-nilainya dapat ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Nilai Simpangan Gedung tanpa Tangga dengan Bukaannya Void

No	Story	Diap	Load Case/Combo	UX (mm)	UY (mm)	RZ (rad)	Point	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	Story4	D4	Selimut Max	8,372	8,895	0,000203	110	12,0485	9	16
2	Story3	D3	Selimut Max	3,425	3,88	0,000162	112	12	9,0305	10,8086
3	Story2	D2	Selimut Max	2,107	2,508	0,000119	114	12	9	5,8155
4	Story1	D1	Selimut Max	0,242	0,313	0,000001	129	12,0461	8,9582	1

Berdasarkan tabel-tabel di atas, maka bisa diperoleh grafik hubungan antara nilai *displacement* dan elevasi untuk masing-masing lantai gedung, baik arah x dan arah y. Grafiknya bisa dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.

**Gambar 9.** Grafik Hubungan *Displacement* dan Elevasi (h) antar Lantai Struktur untuk Arah x



Gambar 10. Grafik Hubungan *Displacement* dan Elevasi (h) antar Lantai Struktur untuk Arah y

Kedua grafik di atas menunjukkan hasil bahwa terdapat perbedaan pada *displacement* ketiga gedung tersebut, nilai-nilai simpangan antar lantai biasa digunakan oleh perencana struktur untuk dapat menentukan batas layan setiap struktur. Jika memperhatikan kedua grafik perpindahan di atas, maka didapatkan bahwa nilai *displacement* untuk gedung tanpa tangga lebih besar dibandingkan dengan struktur gedung dengan tangga, hal ini diakibatkan oleh tangga yang membuat nilai kekakuan pada struktur gedung dengan tangga menjadi besar dan nilai *displacement*nya menjadi kecil.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat diperoleh bahwa untuk nilai gaya geser dasar terdapat perbedaan dari ketiga jenis struktur yang telah didesain, dimana nilai *base shear* pada gedung dengan tangga lebih besar dibandingkan dengan nilai gaya geser dasar untuk gedung tanpa tangga dan gedung tanpa tangga dengan bukaan void. Dan juga pada gedung tanpa tangga memiliki nilai gaya geser dasar yang lebih besar daripada gedung tanpa tangga dengan bukaan void ($2521,6983 > 1713,4874 > 1661,0388$). Untuk struktur tanpa tangga memiliki nilai persentase kenaikan *base shear* yang dibandingkan dengan struktur tanpa tangga dengan bukaan void sebesar 3,16%, sedangkan untuk struktur gedung dengan tangga memiliki nilai persentase kenaikan *base shear* yang dibandingkan dengan struktur gedung tanpa tangga sebesar 47,17%.

Kemudian untuk gaya dalamnya, juga menunjukkan perbedaan yang cukup besar, hal ini berpengaruh pada jumlah tulangan utama dan sengkang yang digunakan pada struktur gedung yang akan didesain. Dan yang terakhir untuk nilai perpindahan dari ketiga struktur yang ditinjau, juga menunjukkan perbedaannya yaitu pada gedung tanpa tangga memiliki nilai perpindahan yang lebih besar dari pada nilai perpindahan untuk gedung dengan tangga, hal ini disebabkan oleh karena tangga pada gedung tersebut mengakibatkan nilai kekakuan menjadi lebih besar daripada nilai perpindahannya. Perbedaan juga terdapat pada gedung model 1 dan model 2 dimana gedung tanpa tangga memiliki nilai *displacement* yang lebih besar dari gedung tanpa tangga dengan bukaan void, hal ini disebabkan karena gedung tanpa tangga dengan void mengalami kehilangan massa akibat

lubang bukaan yang ada pada gedung tersebut, sehingga semakin besar bukaan void maka semakin kecil nilai simpangan atau *displacement*-nya.

Daftar Pustaka

Badan Standarisasi Nasional. (2019). *SNI 1726-2019*. Jakarta: BSN.

Gustav, Lodoviko Oswaldo. (2017). Studi Parametrik Balok Tinggi pada Elemen Beton Bertulang Menggunakan Trajektori Tegangan dari Metode Penunjang dan Pengikat (*Strut and Tie*). Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana. Kupang.

Harsoyo, Yoga Aprianto. (2016). Pengaruh Pemodelan Elemen Tangga pada Gedung Beton Bertulang Terhadap Beban Gempa: Studi Kasus Gedung Hotel Tajem *Paradise City* Yogyakarta 5 Lantai. Jurnal Ilmiah Semesta Teknik, Vol.19, No.2, 142-147.

Matondang, Zulkifli & Mulyana, Rachmat. (2012). Konstruksi Bangunan Gedung. Medan: *Unved press*.

Paz, M. dan Leigh, W. (2004). *Struktural Dynamics : Theory and Computation*. Kluwer Academic Publishers : London.

PPIUG. (1983). Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983. Bandung: Penerbit Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

Priyono, Aris. (2014). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai dengan Analisis Respons Spektrum Ditinjau pada *Drift* dan *Displacement* menggunakan Software ETABS. e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL/September 2014/534.

Purba, Hotma L. (2014). Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat Beraturan dan Ketidak Beraturan Horizontal Sesuai SNI 03-1726-2012. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vo. 2, No. 4, Desember 2014.

Purnomo, Edy. (2014). Analisis Kinerja Struktur pada Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Respon Spektrum Menggunakan Software ETABS (Studi Kasus : Bangunan Hotel di Semarang. e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL/Desember 2014/569.

Santoso, Edy, Widiyantoro, Sri, Sukanta, I Nyoman. (2011). Studi Hazard Seismik dan Hubungannya dengan Intensitas Seismik di Pulau Sumatera dan Sekitarnya. Jurnal Meteorologi dan Geofisika Volume 12 Nomor 2, 129-136.